

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 22 SEP 2003

WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen:

102 50 046.0

Anmeldetag:

25. Oktober 2002

Anmelder/Inhaber:

Hentze-Lissotschenko Patentverwaltungs GmbH &
Co KG, Norderfriedrichskoog/DE

Bezeichnung:

Halbleiterlaservorrichtung

IPC:

H 01 S 5/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 19. August 2003
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

Hentze

Dipl.-Chem. E.L. FRITZ
Dr. Dipl.-Phys. R. BASFELD
Dipl.-Ing. J. GRAEFE
Patentanwälte
M. HOFFMANN
B. HEIN
Rechtsanwälte
Ostentor 9
59757 Arnsberg

PT 02/261
25.10.2002/BA/RH

Hentze-Lissotschenko
Patentverwaltungs GmbH &
Co. KG
Diekstraat 15

25870 Norderfriedrichskoog

=====

"Halbleiterlaservorrichtung"

=====

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Halbleiterlaservorrichtung umfassend ein Halbleiterlaserelement mit mindestens einer Austrittsfläche, aus der Laserlicht austreten kann, sowie mindestens ein beabstandet zu der Austrittsfläche außerhalb des Halbleiterlaserelements angeordnetes Reflexionsmittel mit mindestens einer reflektierenden Fläche, die zumindest Teile des aus dem Halbleiterlaserelements durch die Austrittsfläche ausgetretenen Lichts derart in das Halbleiterlaserelement zurückreflektieren kann, dass dadurch das Modenspektrum des Halbleiterlaserelements beeinflusst wird.

Eine Halbleiterlaservorrichtung der eingangs genannten Art ist aus OPTICS LETTERS, 2002, Vol. 27, No. 3, Seite 167 bis 169 bekannt. Bei der darin beschriebenen Halbleiterlaservorrichtung wird als Halbleiterlaserelement eine Laserdiode verwendet, die als sogenannter Breitstreifenemitter ausgebildet ist. Bei derartigen Breitstreifenemittern sind beispielsweise Austrittsflächen für das Laserlicht vorgesehen, die eine Breite von etwa 100 μm und eine Höhe von etwa 1 μm aufweisen. Über diese Breite können sich innerhalb des internen, durch die Endflächen der Laserdiode gebildeten Resonators eine ganze Reihe von unterschiedlichen transversalen Moden des Laserlichtes ausbilden. Gleichzeitig können auch eine ganze Reihe von longitudinalen Moden, d. h. unterschiedlichen Wellenlängen des Laserlichtes auftreten. Insbesondere die vielen unterschiedlichen transversalen Moden beeinträchtigen die Strahlqualität des aus einem derartigen Breitstreifenemitters austretenden Laserstrahls. Eine derartige Laserstrahlung ist nicht optimal fokussierbar. Die longitudinalen Moden führen zu einer für verschiedene Anwendungen unerwünschten spektralen Verbreiterung.

In der vorgenannten Veröffentlichung wird daher ein externer Resonator vorgeschlagen, der einen hochreflektierenden planen Spiegel umfasst. Zwischen dem Planspiegel und der dem externen Resonator zugewandten Austrittsfläche des Halbleiterlaserelementes sind zum einen eine Fast-Axis-Kollimationslinse und zum anderen zwischen der Fast-Axis-Kollimationslinse und dem Planspiegel eine sphärische Konvexlinse angeordnet. Die Fast-Axis-Kollimationslinse dient dazu, das in der ersten Richtung wesentlich stärker divergente Licht des Breitstreifenemitters zu kollimieren. Die sphärische Konvexlinse dient dazu, das von dem Planspiegel zurückreflektierte Licht derart zu fokussieren, dass es im wesentlichen auf die Austrittsfläche zurück abgebildet wird. Weiterhin ist in dem externen Resonator eine Aperturblende vorgesehen. Sowohl die Aperturblende als auch der plane Spiegel sind außerhalb der optische Achse des externen Resonators bzw. außerhalb der Normalen oder Mittelsenkrechten auf der Austrittsfläche angeordnet. Es zeigt sich, dass bei Breitstreifenemittern die stärkeren Moden in der Regel unter einem kleinen Winkel zur Normalen auf der Austrittsfläche aus dieser austreten. Durch die außerhalb der Achse positionierte Aperturblende werden somit nur Anteile einer derartigen unter einem Winkel aus der Austrittsfläche austretenden Mode auf den Spiegel fallen und von ihm durch die Aperturblende und die sphärische Linse zurück auf die Austrittsfläche reflektiert werden. Nur Licht aus einer oder mehrerer derartiger Moden wird somit durch die Austrittsfläche in die Laserdiode zurückreflektiert. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass die Laserdiode im wesentlichen auf dieser Mode anschwingt, so dass das Modenspektrum des Halbleiterlaserelementes im wesentlichen auf eine transversale Mode reduziert wird.

Aus dem externen Resonator gemäß dem vorgenannten Stand der Technik wird das Laserlicht dadurch ausgekoppelt, dass die unter entgegengesetzt gleichem Winkel aus der Austrittsfläche

austretenden Teilstrahlen der entsprechenden bevorzugten transversalen Mode an der Aperturblende und dem Planspiegel vorbei aus der Halbleiterlaservorrichtung austreten können.

- 5 Als nachteilig bei der vorgenannten Anordnung erweist sich, dass eine vergleichsweise große Anzahl von unterschiedlichen optischen Elementen in dem externen Resonator vorgesehen sind. Dies sind neben der Fast-Axis-Kollimationslinse die sphärische Linse, die Aperturblende und der plane Endspiegel. Durch die vielen
- 10 verschiedenen in dem externen Resonator vorgesehenen optischen Elemente treten zum einen vermehrt Abbildungsfehler auf und entstehen zum anderen große Verluste, da sich diese Elemente innerhalb des Laserresonators befinden. Dadurch wird aber die erreichbare Ausgangsleistung einer derartigen
- 15 Halbleiterlaservorrichtung stark begrenzt. Gleichzeitig können die mit einer derartigen Halbleiterlaservorrichtung erreichbaren Ausgangsleistungen nur mit einem hohen Kostenaufwand erzielt werden. Zusätzlich ist eine derartige Halbleiterlaservorrichtung nur schwer zu justieren.
- 20 Gemäß dem Stand der Technik wird weiterhin versucht, das Modenspektrum von Halbleiterlaserelementen durch Strukturierung der aktiven Zone des Halbleiterlaserelements zu beeinflussen. Diese
- 25 Strukturierungen können beispielsweise Veränderungen des Brechungsindex in verschiedenen Richtungen umfassen, so dass durch diese sich in verschiedenen Richtungen ändernden Brechungsindizes die Ausbreitung einzelner bevorzugter transversaler Lasermode bevorzugt wird. Weiterhin besteht die Möglichkeit, beispielsweise durch unterschiedliche Dotierungsgrade auf die Anzahl
- 30 der zur Rekombination zur Verfügung stehenden Elektronen-Loch-Paare einzuwirken, so dass an unterschiedlichen Stellen der aktiven Zone unterschiedliche Verstärkungen des Laserlichtes möglich sind.

Beide vorgenannten Methoden zur Bevorzugung einzelner transversaler Moden sind mit beträchtlichem Fertigungsaufwand verbunden und ergeben ebenfalls keine wirklich befriedigende Strahlqualität bzw. Ausgangsleistung der Halbleiterlaservorrichtung.

5

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist die Schaffung einer Halbleiterlaservorrichtung der eingangs genannten Art, die mit einfachen Mitteln eine vergleichsweise hohe Strahlqualität und hohe Ausgangsleistung gewährleistet. Dies wird erfindungsgemäß dadurch erreicht, dass die mindestens eine reflektierende Fläche des Reflexionsmittels konkav gekrümmt ist.

10

Erfindungsgemäß kann aufgrund dieser Maßnahme das Halbleiterlaserelement vergleichsweise unstrukturiert sein. Auf diese Weise kann auf die vorgenannten aufwendigen Strukturierungen der aktiven Zone des Halbleiterlaserelements verzichtet werden.

15

Erfindungsgemäß kann weiterhin vorgesehen sein, dass zwischen dem Reflexionsmittel und dem Halbleiterlaserelement ein Linsenmittel angeordnet ist, das zumindestens in einer ersten Richtung die Divergenz des Laserlichts zumindest teilweise verkleinern kann. Bei diesem Linsenmittel kann es sich beispielsweise um eine Fast-Axis-Kollimationslinse handeln. Durch eine derartige Fast-Axis-Kollimationslinse kann das aus dem Halbleiterlaserelement austretende Laserlicht zumindest in einer Richtung derart kollimiert werden, dass die konkave Krümmung der reflektierenden Fläche des Reflexionsmittels eine Zylindergeometrie aufweisen kann. Bei vollständiger Kollimierung in einer Richtung durch das vorgenannte Linsenmittel muss die konkave reflektierende Fläche des Reflexionsmittels in dieser Richtung keine weitere Kollimierung bewirken, so dass die konkave Krümmung lediglich die Divergenz des Laserlichtes in der zu der Fast-Axis senkrechten Richtung, d. h. in Richtung der Slow-Axis aufheben muss. Auf diese Weise kann die

25

30

konkave Krümmung der reflektierenden Fläche des Reflexionsmittels geeignet gewählt werden, um eine oder mehrere gewünschte Transversalmoden des Laserlichts zu bevorzugen.

5 Es besteht erfindungsgemäß die Möglichkeit, dass das Halbleiterlaserelement als Laserdiodenbarren mit einer Anzahl von Austrittsflächen ausgebildet ist. Bei einer derartigen Anordnung kann vorgesehen sein, dass das Reflexionsmittel eine Anzahl von reflektierenden Flächen umfasst, die jeweils das von einer der Austrittsflächen ausgehende Laserlicht reflektieren können.

10 Erfindungsgemäß besteht weiterhin die Möglichkeit, dass das Halbleiterlaserelement nur in Teilbereichen, die der räumlichen Ausdehnung einer gewünschten Mode des Laserlichts entsprechen, mit Spannung beaufschlagt bzw. mit Strom zur Erzeugung von Elektronen-Loch-Paaren versorgt wird. Durch diese vergleichsweise
15 einfach durchführbare Maßnahme kann die Bevorzugung gewünschter Moden des Laserlichts weiter optimiert werden.

Weitere Merkmale und Vorteile der vorliegenden Erfindung werden deutlich anhand der nachfolgenden Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele unter Bezugnahme auf die beiliegenden Abbildungen. Darin zeigen

5

Fig. 1 eine schematische Seitenansicht einer ersten Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung;

10

Fig. 2 eine Fig. 1 entsprechende schematische Seitenansicht auf eine zweite Ausführungsform einer erfindungsgemäßen Halbleiterlaservorrichtung.

15

Aus Fig. 1 ist eine erfindungsgemäße Halbleiterlaservorrichtung ersichtlich, die ein Halbleiterlaserelement 1 mit einer Austrittsfläche 2 umfasst, aus der Laserlicht 3 austritt. Außerhalb des Halbleiterlaserelementes 1 ist ein als Konkavspiegel ausgeführtes Reflexionsmittel 4 angeordnet, dass das aus der Austrittsfläche 2 austretende Laserlicht 3 in das Halbleiterlaserelement 1 zurückreflektieren kann. Durch eine dem Halbleiterlaserelement 1 zugewandte konkave reflektierende Fläche 5 des Reflexionsmittels 4 wird somit ein externer Resonator für das Halbleiterlaserelement 1 gebildet. Hierbei kann insbesondere die Austrittsfläche 2 mit einer entspiegelnden Beschichtung versehen sein.

20

25

Erfindungsgemäß kann das Halbleiterlaserelement 1 vergleichsweise unstrukturiert sein. Insbesondere müssen keine Führungsmittel vorgesehen sein, die die Ausbreitung einer bestimmten Lasermode bevorzugen. Durch den vorgenannten externen Resonator kann erfindungsgemäß die Auswahl einer bestimmten transversalen und/oder longitudinalen Mode des Laserlichtes realisiert werden.

30

Es besteht die Möglichkeit, zwischen dem Reflexionsmittel 4 und der Austrittsfläche 2 des Halbleiterlaserelementes 1 ein Linsenmittel 6 anzuordnen, das insbesondere als Fast-Axis-Kollimationslinse ausgeführt ist. Dieses Linsenmittel 6 ist in Fig. 1 gestrichelt eingezeichnet. Es kann sich bei diesem Linsenmittel 6 um eine Zylinderlinse handeln, deren Zylinderachse in X-Richtung gemäß dem in Fig. 1 und Fig. 2 eingezeichneten kartesischen Koordinatensystem ausgerichtet ist.

Es besteht die Möglichkeit, dass die reflektierende Fläche 5 des Reflexionsmittels 4 ebenfalls eine Zylindergeometrie aufweist, wobei sich deren Zylinderachse in Y-Richtung erstreckt. Alternativ dazu besteht die Möglichkeit, dass die reflektierende Fläche 5 eine Zylindergeometrie sowohl in X- als auch in Y-Richtung aufweist, insbesondere für den Fall, dass kein Linsenmittel 6 vorgesehen wird. Der Krümmungsradius der reflektierenden Fläche 5 sowie deren Abstand von der Austrittsfläche 3 kann geeignet gewählt werden, um die Selektion einer gewünschten Mode des Laserlichtes 3 zu optimieren.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, in dem externen Resonator Apertur Elemente vorzusehen. Hier kann zum einen eine als Apertur Element 7 dienende Aperturblende vorgesehen sein, die beispielsweise wie in Fig. 1 angedeutet zwischen dem Linsenmittel 6 und dem Reflexionsmittel 4 angeordnet werden kann. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die reflektierende Fläche 5 mit äußeren Apertur Elementen 8 zu versehen, die beispielsweise aus nicht reflektierenden Beschichtungen bestehen. Durch die Apertur Elemente 7, 8 wird die Modenselektion unterstützt.

Weiterhin besteht die Möglichkeit, das Halbleiterlaserelement 1 nur in einem Teilbereich 9 mit Strom für die Erzeugung von Elektronen-

Loch-Paaren zu versorgen, wobei dieser Teilbereich 9 im wesentlichen der räumlichen Verteilung der gewünschten anzuregenden Lasermode des Laserlichtes 3 im Inneren des Halbleiterlaserelements 1 entspricht. Demgegenüber werden die in
5 Fig. 1 mit dem Bezugszeichen 10 versehenen Teilbereiche des Halbleiterlaserelements 1 nicht mit Elektroden versehen, so dass in diesen Bereichen keine Stromzufuhr zur Erzeugung von Elektronen-Loch-Paaren erfolgt. Durch diese gezielte Anordnung der Elektroden kann die Selektion der gewünschten Lasermoden weiter optimiert werden.

10 Aus Fig. 2 ist ein Halbleiterlaserelement 11 ersichtlich, dass als Laserdiodenbarren ausgeführt ist. Das Halbleiterlaserelement 11 weist eine Vielzahl von Austrittsflächen 12, 13, 14 auf, aus denen
15 Laserlicht 15, 16, 17 austreten kann. Weiterhin ist bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 ein Reflexionsmittel 18 vorgesehen, dass eine Vielzahl von nebeneinander angeordneten reflektierenden Flächen 19, 20, 21 aufweist, die beispielsweise wie die reflektierende Fläche 5 gemäß Fig. 1 ausgebildet sind. Wie bei dem
20 Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 wird auch von den reflektierenden Flächen 19, 20, 21 der entsprechenden Anteil des Laserlichtes 15, 16, 17 durch die zugehörigen Austrittsflächen 12, 13, 14 in das Halbleiterlaserelement 11 zurückreflektiert. Bei der in Fig. 2 abgebildeten selektierten Mode des Laserlichtes werden von jeder der
25 reflektierenden Flächen 19, 20, 21 Teilstrahlen des jeweiligen Laserlichtes 15, 16, 17 derart in das Halbleiterlaserelement 11 zurückreflektiert, dass sie unter einem Winkel zur Normalen an der gegenüberliegenden Endfläche 22 des Halbleiterlaserelements reflektiert werden, so dass sie nach dieser Reflexion aus der
30 benachbarten Austrittsfläche 12, 13, 14 austreten. Auf diese Weise kann erreicht werden, dass sich in dem gesamten

Halbleiterlaserelement 11 im wesentlichen eine einzige Mode des Laserlichtes ausbildet.

Es kann beispielsweise auch vorgesehen sein, dass einzelne Austrittsflächen, wie beispielhaft die in Fig. 2 mittlere Austrittsfläche 13 mit einer hoch reflektierenden Beschichtung 23 versehen ist, so dass aus dieser Austrittsfläche 13 kein Licht aus dem Halbleiterlaserelement austreten kann. Das Licht wird in diesem Falle an dieser Austrittsfläche reflektiert und tritt nach weiterer Reflexion an der gegenüberliegenden Endfläche 22 durch eine der benachbarten Austrittsflächen 12, 14 aus dem Halbleiterlaserelement 11 aus.

Wie bei der Ausführungsform gemäß Fig. 1 kann auch bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 vorgesehen sein, dass nur bestimmte Teilbereiche 24 des Halbleiterlaserelements 11 mit Elektroden versehen sind, so dass nur diese Teilbereiche 24 mit Spannung beaufschlagt werden und damit nur in diesen Teilbereichen 24 Strom zugeführt wird zur Erzeugung von Elektronen-Loch-Paaren. In Fig. 2 sind weiterhin Teilbereiche 25 eingezeichnet, die nicht mit Elektroden versehen sind und demgemäß auch nicht mit Spannung beaufschlagt werden können. Durch eine derartige Gestaltung wird analog zu Fig. 1 die Ausbildung einer oder mehrerer bevorzugter Moden optimiert. Analog zu Fig. 1 besteht auch bei der Ausführungsform gemäß Fig. 2 die Möglichkeit, zwischen Reflexionsmittel 18 und Halbleiterlaserelement 11 ein in Fig. 2 nicht eingezeichnetes Linsenmittel anzuordnen.

Patentansprüche:

1. Halbleiterlaservorrichtung umfassend

- ein Halbleiterlaserelement (1, 11) mit mindestens einer Austrittsfläche (2, 12, 13, 14), aus der Laserlicht (3, 15, 16, 17) austreten kann; sowie
- mindestens ein beabstandet zu der Austrittsfläche (2, 12, 13, 14) außerhalb des Halbleiterlaserelements (1, 11) angeordnetes Reflexionsmittel (4, 18) mit mindestens einer reflektierenden Fläche (5, 19, 20, 21), die zumindest Teile des aus dem Halbleiterlaserelements (1, 11) durch die Austrittsfläche (2, 12, 13, 14) ausgetretenen Lichts derart in das Halbleiterlaserelement (1, 11) zurückreflektieren kann, dass dadurch das Modenspektrum des Halbleiterlaserelements (1, 11) beeinflusst wird;

dadurch gekennzeichnet, dass

- die mindestens eine reflektierende Fläche (5, 19, 20, 21) des Reflexionsmittels (4, 18) konkav gekrümmt ist.

2. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem Reflexionsmittel (4, 18) und dem Halbleiterlaserelement (1, 11) ein Linsenmittel (6) angeordnet ist, das zumindestens in einer ersten Richtung (Y) die Divergenz des Laserlichts (3, 15, 16, 17) zumindest teilweise verkleinern kann.

3. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterlaserelement (11)

als Laserdiodenbarren mit einer Anzahl von Austrittsflächen (12, 13, 14) ausgebildet ist.

4. Halbleiterlaservorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Reflexionsmittel (18) eine Anzahl von reflektierenden Flächen (19, 20, 21) umfasst, die jeweils das von einer der Austrittsflächen (12, 13, 14) ausgehende Laserlicht (15, 16, 17) reflektieren können.
5. Halbleiterlaservorrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass das Halbleiterlaserelement (1, 11) nur in Teilbereichen (9, 24), die der räumlichen Ausdehnung einer gewünschten Mode des Laserlichts entsprechen, mit Spannung beaufschlagt bzw. mit Strom zur Erzeugung von Elektronen-Loch-Paaren versorgt wird.

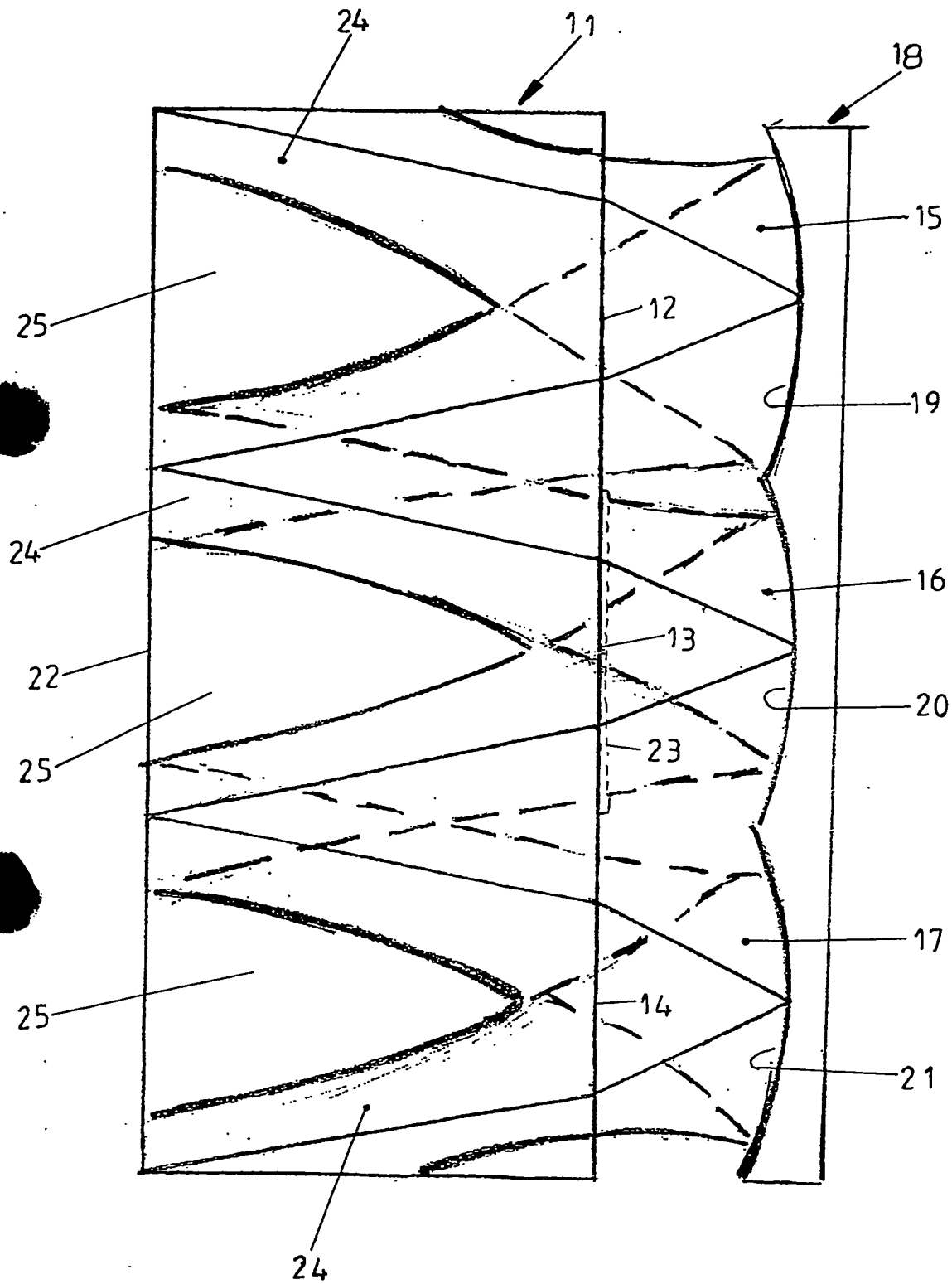
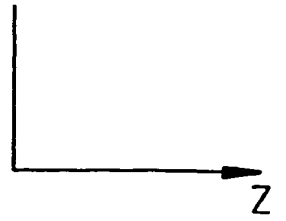


FIG. 2